



② Aktenzeichen: 195 11 772.7-16
② Anmeldetag: 30. 3. 95
② Offenlegungstag: 2. 10. 96
④ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 4. 9. 97

DE 195 11 772 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

② Patentinhaber:

EOS GmbH Electro Optical Systems, 82152 Planegg,
DE

② Vertreter:

Prüfer und Kollegen, 81545 München

② Erfinder:

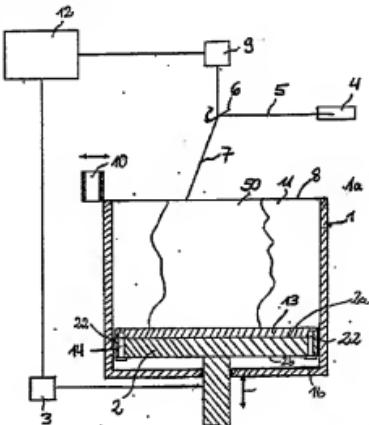
Wilkening, Christian, 86911 Dießen, DE; Lohner,
Andreas, 85540 Haar, DE

② Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 43 00 478 C1
US 51 73 220

② Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes

② Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes, durch aufeinanderfolgendes Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen, mittels elektromagnetischer Strahlung oder Teilchenstrahlung verfestigbaren Aufbaumaterials (11) an dem jeweiligen Querschnitt des Objektes (50) entsprechenden Stellen, mit:
einer Tragevorrichtung zum Tragen des Objektes (50) mit einem hohenverstellbaren Träger (2) mit einer dem Objekt (50) zugewandten Oberseite (2a),
einer Aufbringvorrichtung (10) zum Aufbringen von Schichten des Materials (11) auf die Tragevorrichtung oder eine zuvor gebildete Schicht, und
einer Bestrahlungseinrichtung (4) zum Bestrahen von Schichten des Materials (11) an den dem jeweiligen Querschnitt des Objektes (50) entsprechenden Stellen, dadurch gekennzeichnet, daß eine auf der Oberseite (2a) des Trägers (2) über befestigte vorgefertigte Unterlage (13) vorgesehen ist, die aus einem Material gebildet ist, an dem des Aufbaumaterial (11) bei der Verfestigung anhaftet.



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 bzw. 9.

Ein unter dem Namen Selektives Lasersintern bekannte Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch aufeinanderfolgendes Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen, mittels elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Aufbaumaterials an den dem jeweiligen Querschnitt des Objektes entsprechenden Stellen sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ist aus der DE 43 00 478 C1 bekannt. Bei der bekannten Vorrichtung wird das zu bildende Objekt auf einer metallischen Plattform aufgebaut, die Teil der Vorrichtung ist. Die Sinterung bzw. Verfestigung der Schichten des Objektes kann jedoch nicht mit der ersten auf die Plattform aufgebrachten Pulverschicht beginnen, da die darin verfestigten Bereiche keinen seitlichen Halt haben und deshalb beim Aufbringen der nächsten Pulverschicht von dem das Pulver auftragenden Wischer auf der metallischen Plattform verschoben werden können. Deshalb werden üblicherweise zunächst mindestens eine, besser jedoch mehrere Pulverschichten durch den Laserstrahl vollständig verfestigt, um eine Grundlage für das Objekt zu bilden. Die vollständige Verfestigung der ersten auf die metallische Plattform aufgebrachten Schichten erfordert jedoch eine lange zusätzliche Bearbeitungszeit, welche die gesamte Bauzeit des Objektes erheblich verlängert.

Aus der US 5 173 220 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 bzw. des Patentanspruches 9 bekannt. Ferner ist es aus dieser Druckschrift bekannt, unmittelbar auf dem Träger für das zu bildende Objekt eine Stützstruktur aus verfestigtem Aufbaumittel zu bilden, welche das Objekt tragen kann oder Teil desselben sein kann.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung bzw. ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes bereitzustellen, bei der bzw. bei dem die Herstellungszeit für das Objekt verkürzt wird.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung nach Patentanspruch 1 bzw. durch ein Verfahren nach Patentanspruch 9.

Die Erfindung wird anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen und der Figuren näher erläutert.

Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Querschnittsansicht der erfundsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Unterseite einer Ausführungsform des Objektträgers 2 von Fig. 1; und

Fig. 3 eine Querschnittsansicht des Objektträgers entlang der Linie I-I von Fig. 2.

Wie am besten aus Fig. 1 ersichtlich ist, weist die Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes einen an seiner Oberseite offenen Behälter 1 auf, in dem ein Objektträger 2 in Form einer zu der Oberkante 1a des Behälters parallel ausgerichteten Platte zum Tragen eines zu bildenden Objektes 50 mittels einer Höheneinstellvorrichtung 3 in vertikaler Richtung verschiebbar ist. Der Objektträger 2 weist einen horizontalen Querschnitt auf, der etwas geringer ist, als der entsprechende Querschnitt des Innenraumes des Behälters 1, so daß der Objektträger 2 leicht in dem Behälter 1 verschoben werden kann. Der Zwischenraum zwischen dem Rand des Objektträgers 2 und der Innenwand des Behälters 1 ist durch eine an dem Rand des Objektträgers 2 umlaufend angebrachte flexible Dichtlippe 22 abgedichtet.

Auf dem dem offenen Ende des Behälters 1 zugewandten Oberseite 2a des Objektträgers 2 ist eine vorgefertigte Platte 13 aus verfestigtem Aufbaumaterial angeordnet, die als Sockel für das zu bildende Objekt 50 dient und die über Schrauben 14 mit dem Objektträger 2 verbunden ist. Dazu weist die Platte 13 an ihrer dem Objektträger 2 zugewandten Unterseite entsprechende Gewindelöcher auf. Der Querschnitt der Platte 13 entspricht dem Querschnitt des Objektträgers 2. Ferner ist die Platte 13 so an dem Objektträger 2 justiert, daß sie parallel zur Oberkante 1a des Behälters ist.

Wie am besten aus den Fig. 2 und 3 ersichtlich ist, weist der Objektträger 2 an seiner dem Behälterboden zugewandten Unterseite 2b einen in malanderförmigen Windungen verlaufenden Kühlkanal 20 zur Aufnahme eines Kühlwasser führenden Kupferrohres auf. Ferner weist der Objektträger 2 eine Mehrzahl von Bohrungen 21 zum Hindurchführen der den Objektträger 2 mit der vorgesinterten Platte 13 zu verbindenden Schrauben 14 auf.

In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel weist der Behälter 1, der Objektträger 2 und die vorgesinterte Platte 13 einen quadratischen Querschnitt auf. Der Querschnitt kann jedoch auch kreisförmig oder rechteckig sein oder jede beliebige Form aufweisen.

Der Objektträger 2 ist aus einem gut wärmeleitfähigen Metall, beispielsweise aus Aluminium, angefertigt. Die vorgesinterte Platte 13 ist aus demselben Aufbaumaterial gebildet, aus dem auch das Objekt 50 gebildet wird. Das Aufbaumaterial besteht bevorzugt aus Metallpulver, Keramikpulver, kunststoffummanteltem Metall- oder Keramikpulver oder kunstharzummanteltem Sand.

Oberhalb des Behälters 1 ist eine Bestrahlungseinrichtung 4 in Form eines Lasers angeordnet, die einen gerichteten Lichtstrahl 5 abgibt. Dieser wird über eine Ablenkeinrichtung 6, beispielsweise in Form eines Drehspiegels als abgelenkter Strahl 7 auf die durch die Behälteroberkante 1a definierte Arbeitsebene 8 fokussiert. Eine Steuerung 9 steuert die Ablenkeinrichtung 6 daran, daß der abgelenkte Strahl 7 auf jede gewünschte Stelle innerhalb der Arbeitsebene 8 auftaucht.

Einige Vorrichtung 10 zum Aufbringen einer gleichmäßigen Schicht eines pulverförmigen, durch Einwirkung elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Materials 11, die beispielsweise als Vorratsbehälter mit Wischer zum Aufbringen und Glätten des Schichts ausgebildet ist, ist horizontal über die Arbeitsebene 8 und parallel zu dieser bewegbar.

Die Höheneinstellvorrichtung 3 und die Steuerung 9 für die Bestrahlungseinrichtung 4 sind jeweils mit einer zentralen Steuereinheit 12 in Form eines Computers zur koordinierten Steuerung dieser Vorrichtungen verbunden.

Bei dem erfundsgemäßen Verfahren wird in einem ersten Schritt die Platte 13 durch Verfestigen bzw. Sintern des entsprechenden Aufbaumaterials mittels Wärmeinwirkung in einem Ofen 13 gestellt.

In einem nächsten Schritt wird der Objektträger 2 aus dem Behälter 1 in Richtung des offenen Endes des Behälters soweit bis zu einem Anschlag herausbewegt, daß die vorgesinterte Platte 13 leicht an dem Objektträger 2 zu befestigen ist. Dann wird die Platte 13 an dem Objektträger 2 durch Verschrauben befestigt.

In einem nächsten Schritt wird der Objektträger so weit nach unten gefahren, bis die Oberseite der vorge-



sinterierten Platte 13 um eine Schichtdicke unterhalb der Behälterkante 1a liegt. Dann wird mittels der Aufbringvorrichtung 10 eine erste Schicht des Materials 11 auf die Platte 13 aufgebracht und mit dem Wischer geglättet. Daraufhin steuert die Steuereinheit 14 die Ablenkeneinrichtung 6 über deren Steuerung derart, daß der abgelenkte Lichtstrahl 7 an solchen Stellen der Schicht des Materials 11 aufruft, die entsprechend von in der Steuereinheit 14 gespeicherten Koordinaten des Objektes 50 verfestigt werden sollen. Dadurch wird an diesen Stellen das Material verfestigt bzw. gesintert. Bevorzugt wird die Belichtung der ersten Pulverschicht danach noch ein zweites Mal durchgeführt, damit eine feste Verbindung zwischen der vorgesinterten Platte 13 und der ersten Schicht des Objektes 50 erzeugt wird. Da die Platte 13 aus demselben Material wie das zu bildende Objekt 50 besteht, ergibt sich bei der Verfestigung der ersten Schicht des Objektes eine optimal haftende Verbindung mit der Platte 13.

In einem nächsten Schritt wird der Objekträger 2 um die Dicke der nächsten Schicht abgesenkt und erneut mittels der Aufbringvorrichtung 10 eine zweite Materialschicht aufgebracht und geglättet und erneut verfestigt.

Die Verfahrensschritte Materialschicht aufbringen, glätten und verfestigen werden nun so oft durchgeführt, bis das herzustellende Objekt 50 vervollständigt ist. Da insbesondere beim Sinter von Metallpulver die erforderliche Laserleistung zwischen 100 und 200 Watt beträgt, findet eine erhebliche Erwärmung des Objektes 50 statt. Spitzentemperaturen von 900°C am Sinterpunkt und durchschnittliche Temperaturen des Objektes um 200°C sind möglich. Dies kann zur Oxidation des Aufbaumaterials führen. Deshalb wird während des gesamten Bauprozesses des Objekträger 2 gekühlt. Da das verwendete Aufbaumaterial im allgemeinen eine gute Wärmeleitfähigkeit besitzt, kann somit das Objekt 50 bzw. der gesamte Behälter 1 mit dem darin befindlichen Material 11 immer auf konstanter Temperatur gehalten werden.

Nach der Beendigung des Bauprozesses wird der Objekträger 2 nach oben aus dem Behälter herausgezogen und die vorgesinterte Platte 13 zusammen mit dem darauf gebildeten Objekt 50 abgeschrägt. Anschließend wird das Objekt 50 mit einer Säge von der Platte 13 abgetrennt und nachbearbeitet.

Die Vorteile der Verwendung der vorgesinterten Platte 13 aus gesintertem Aufbaumaterial bestehen neben der Bauzeitverkürzung darin, daß eine stabile Basis für die ersten Objektschichten gegeben ist. Dies bedeutet, daß der Verzug bzw. die Verformung des Objektes reduziert wird.

Abwandlungen des beschriebenen Verfahrens sind möglich. Typischerweise wird die beschriebene Metall-sintervorrichtung zum Aufbau von Formeinsätzen verwendet. Falls der Formeinsatz eine ebene Grundfläche aufweist, wird die vorgesinterte Platte 13 zu einem Bestandteil des gesinterten Objektes. Die Platte 13 wird durch Nachbearbeitungsschritte an das jeweilige Objekt angepaßt. Dies geschieht beispielsweise mit einer Stichsäge, wobei die Platte 13 auf das richtige Maß zugeschägert wird. In diesem Falle ist die vorgesinterte Platte für einen neuen Bauprozess verloren.

Falls der herzustellende Formeinsatz keine ebene Grundfläche aufweist, wird auf der vorgesinterten Platte 13 zuerst eine Stützkonstruktion und anschließend daran das Objekt aufgebaut. Nach erfolgtem Bauprozess wird an der Stützkonstruktion das Objekt von der vor-

gesinterten Platte abgetrennt. Durch geeignete Wahl von Sollbruchstellen in der Stützkonstruktion kann das Trennen erleichtert werden. In diesem Falle ist die vorgesinterte Platte nach einer Vorbehandlung, die beispielsweise im Abföhnen der Oberfläche besteht, wieder für einen neuen Bauvorgang verwendbar.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch aufeinanderfolgendes Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen, mittels elektromagnetischer Strahlung oder Teilchenstrahlung verfestigbaren Aufbaumaterials (11) an dem jeweiligen Querschnitt des Objektes (50) entsprechenden Stellen, mit:

einer Tragevorrichtung zum Tragen des Objektes (50) mit einem höhenverstellbaren Träger (2) mit einer dem Objekt (50) zugewandten Oberseite (2a), einer Aufbringvorrichtung (10) zum Aufbringen von Schichten des Materials (11) auf die Tragevorrichtung oder eine zuvor gebildete Schicht, und einer Bestrahlungseinrichtung (4) zum Bestrahlen von Schichten des Materials (11) an den dem jeweiligen Querschnitt des Objektes (50) entsprechenden Stellen,

dadurch gekennzeichnet, daß eine auf der Oberseite (2a) des Trägers (2) lösbar befestigte vorgefertigte Unterlage (13) vorgesehen ist, die aus einem Material gebildet ist, an dem das Aufbaumaterial (11) bei der Verfestigung anhaftet.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) aus verfestigtem Aufbaumaterial (11) gebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) als Platte ausgebildet ist, deren Querschnitt dem des Trägers (2) entspricht.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) als Platte ausgebildet ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) eine Kühlvorrichtung zum Abführen der bei dem Herstellungsprozeß im Objekt (50) und in der Unterlage (13) auftrtenden Wärme aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) an seiner dem Objekt abgewandten Seite (2b) Kühlkanäle (20) aufweist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) über Befestigungsmittel, insbesondere Schrauben (14) mit dem Träger (2) verbunden ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestrahlungseinrichtung (4) einen Laser umfaßt.

9. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes (50), durch aufeinanderfolgendes Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen, mittels elektromagnetischer Strahlung oder Teilchenstrahlung verfestigbaren Aufbaumaterials (11) an dem jeweiligen Querschnitt des Objektes entsprechenden Stellen, dadurch gekennzeichnet, daß das Objekt (50) auf einer auf einem Objekträger (2) lösbar befestigten vorgefertigten Unterlage (13) aufgebaut wird, wobei die Unterlage (13) aus einem Material gebildet ist, an dem das Aufbaumaterial (11) bei der Verfestigung anhaftet.



10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) durch Verfestigen von dem zur Herstellung des Objektes (50) verwendeten Aufbaumaterial (11) hergestellt wird und danach auf dem Objekträger befestigt wird. 5

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufbaumaterial (11) zum Bilden der Unterlage (13) mittels Wärmeeinwirkung in einem Ofen verfestigt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch 10 gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) vor der Herstellung des Objektes (50) durch Verschrauben mit dem Objekträger (2) verbunden wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Objekträger (2) 15 zum Abführen der bei der Herstellung des Objektes (50) auftretenden Wärme gekühlt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) zusammen mit dem Objekt (50) nach der Vervollständigung des Objektes von dem Objekträger (2) entfernt wird. 20

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) einen Bestandteil des Objektes (50) bildet. 25

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) nach der Herstellung des Objektes (50) mechanisch nachbearbeitet wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, 30 dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) nach der Herstellung des Objektes (50) von dem Objekt abgetrennt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Unterlage 35 (13) eine Stützkonstruktion zum Stützen des Objektes (50) gebildet wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) nach dem Herstellen des Objektes (50) von der Stützkonstruktion 40 abgetrennt und wieder verwendet wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die erste auf die Unterlage (13) aufgebrachte Schicht zum Erzeugen einer guten Haftung an der Unterlage an den dem entsprechenden Objektauerschnitt entsprechenden Stellen zweimal betrachtet wird. 45

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß als Aufbaumaterial (11) Metallpulver, Keramikpulver, kunststoffumhülltes Metall- oder Keramikpulver oder kunstharzumhüllten Sand verwendet wird. 50

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

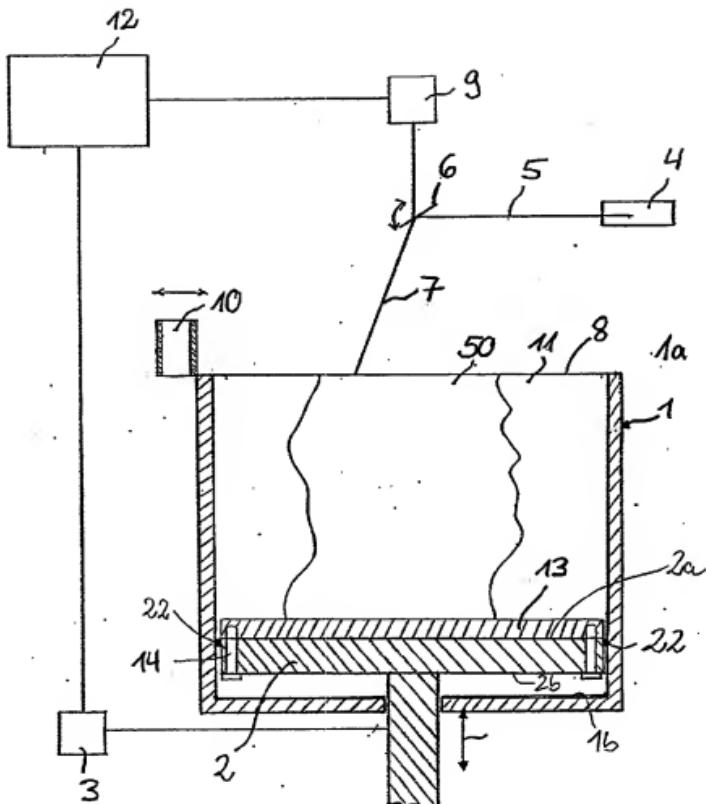


Fig. 1

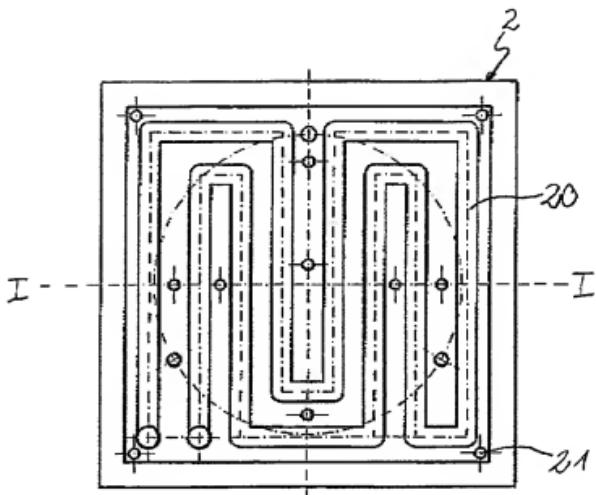


Fig. 2

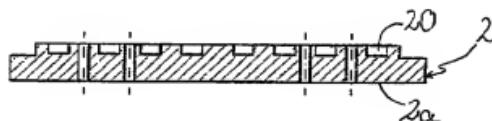


Fig. 3